

**УДК 621.314.222.6**

Ковина Анна Сергеевна, студент гр. АЭб-201 (КузГТУ)  
Научный руководитель Р.В. Котляров, к.т.н., доцент (КузГТУ)  
г. Кемерово

## **ИЗМЕРЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРОВ**

Безаварийная работа трансформаторного оборудования зависит от многих факторов, в частности, от правильной геометрии обмоток трансформаторов [1]. Геометрия обмоток нарушается при протекании токов короткого замыкания (КЗ), что приводит к витковым замыканиям, которые, в свою очередь, становятся причиной ущерба по недоотпуску электроэнергии, в крайних случаях, приводят пожарам с серьезными последствиями.

В настоящее время существует несколько методов контроля геометрии обмоток силовых трансформаторов. Специалистами измерительных лабораторий Сибирского инженерно-аналитического центра применяется усовершенствованный метод низковольтных импульсов (НВИ) [2].

Метод НВИ позволяет определить следующие виды дефектов обмоток силовых трансформаторов: радиальные (повреждения в растягиваемых обмотках, повреждение сжимаемых обмоток, потерю радиальной устойчивости); осевые (потерю осевой устойчивости, осевой изгиб проводников, сползание проводников в осевом направлении, повреждение концевой изоляции и опорных (прессующих) конструкций обмоток) и тангенциальные (скручивание обмоток).

Метод НВИ заключается в том, что на одну из обмоток трансформатора подается зондирующий импульс низкого напряжения и одновременно осциллографируется ток на измерительных шунтах, подключенных к свободным обмоткам. При этом записывается переходной процесс, возникающий в обмотках как реакция обмоток на воздействие прямоугольного импульса. Измерения проводятся до и после электродинамического воздействия на обмотки вследствие тока КЗ. Сравнение осциллограмм, записанных до КЗ (номограмм) и после КЗ (дефектограмм) позволяет оценить состояние трансформатора: изменения в осциллограммах свидетельствует о появлении электрических и механических повреждений. Причиной различия осциллограмм до и после КЗ (при наличии дефекта) является изменение емкостей и индуктивностей вследствие электрических замыканий или механических деформаций, которые вызывают изменения формы осциллограмм.

Высокая чувствительность метода НВИ объясняется тем, что даже при очень небольших механических перемещениях в обмотках могут

существенно меняться емкости отдельных элементов обмотки (межвитковые и межкатушечные емкости, емкости на соседний концентр или магнитопровод), а при существенных деформациях и индуктивности деформируемых элементов. Это приводит к изменениям собственных частот колебаний и, соответственно, к изменениям в осциллограмме. Чувствительность метода НВИ примерно в 10 раз выше, чем при измерении сопротивления КЗ. Метод НВИ предъявляет повышенные требования к сборке измерительной схемы. Воспроизводимость результатов измерений зависит от идентичности монтажа измерительной схемы. При повторном дефектографировании правильность сборки измерительной схемы и установки параметров импульса может быть проконтролирована с помощью калибратора. Для этого при первичном дефектографировании на вход измерительной схемы, вместо объекта, подключают калибратор. Если при последующих измерениях осциллограммы, снятые при помощи калибратора, будут отличаться, то в измерительной схеме есть ошибки.

Измерения методом НВИ проводятся на полностью расшинованном трансформаторе. Выбор схемы дефектографирования обусловлен типом трансформатора, количеством обмоток, схемой соединения обмоток трансформатора, возможностью присоединения к конкретным вводам при данных измерениях, влиянием помех, имеющими место при какой-либо схеме измерений, временем, отпущенным на проведение измерений и т.д. Для оценки состояния трансформатора используется комплексный подход для каждого конкретного случая с учётом особенностей конструкции трансформатора. Основными критериями оценки трансформатора по методу НВИ являются следующие параметры: коэффициент парной корреляции, разность осциллограмм и парная корреляционная функция. Оценку состояния обмотки трансформатора проводится путем сравнения полученных данных с номограммами.

#### Список литературы:

1. Методы и средства контроля и диагностики состояния обмоток мощных силовых трансформаторов / Хоанг Ван Ньу, В.Н. Малиновский // Электротехника. – 2009. - №10. – С. 36-41.
2. Методика «Измерение деформации обмоток трансформаторов» / АО «Сибирский инженерно-аналитический центр», 2019.

#### Информация об авторах:

Ковина Анна Сергеевна, студент гр. АЭБ-201, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [anya.ko9@yandex.ru](mailto:anya.ko9@yandex.ru)

Котляров Роман Витальевич, к.т.н., доцент, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [kotlyarovrv@kuzstu.ru](mailto:kotlyarovrv@kuzstu.ru)